
Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen

Jahresbericht 2009



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

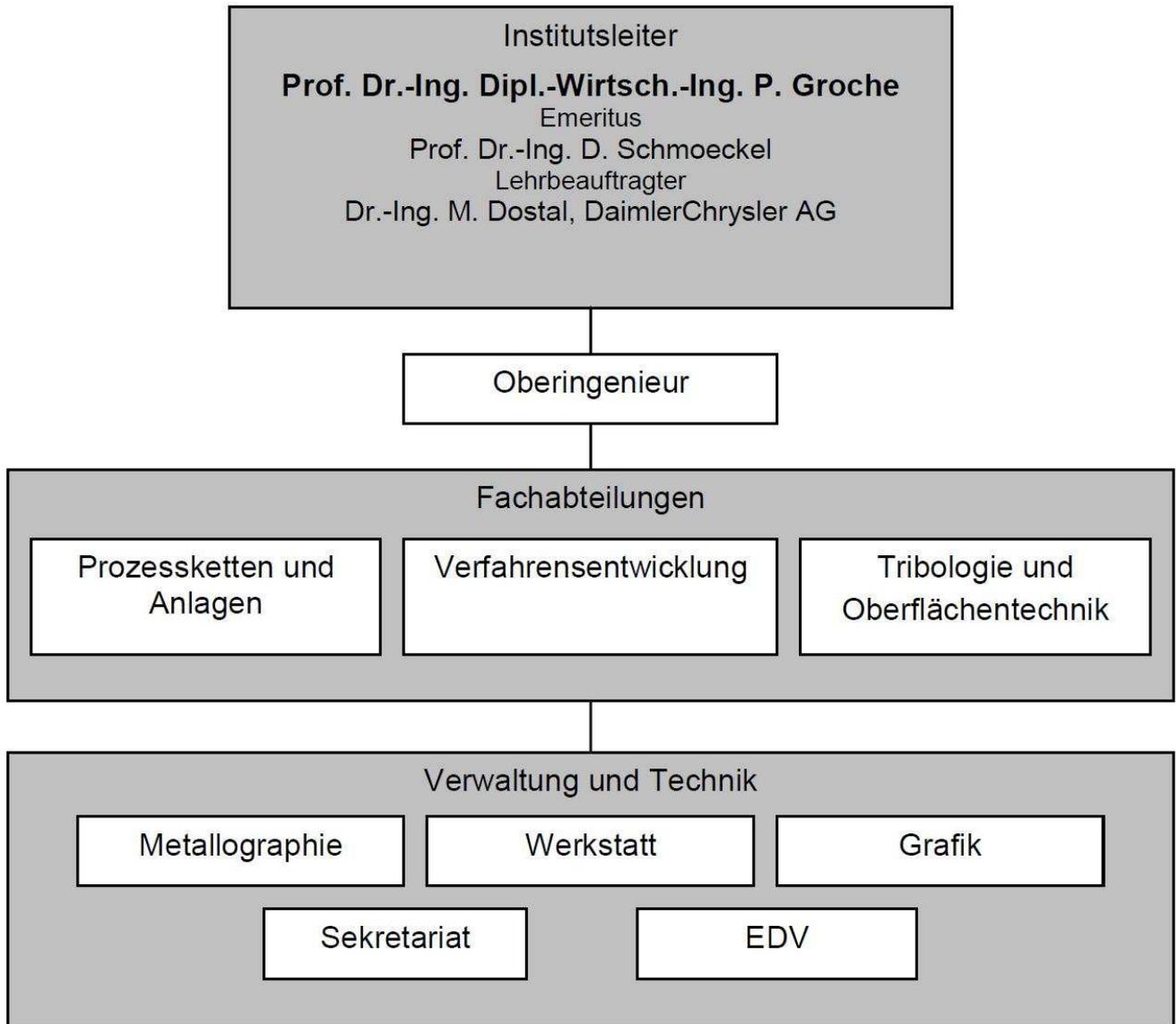
PtU
Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

1.	Institutsprofil	2
1.1.	Organisationsstruktur	2
1.2.	Personalstruktur	2
2.	Laufende Forschungsarbeiten	3
2.1.	Prozessketten und Anlagen	3
2.2.	Verfahrensentwicklung	8
2.3.	Tribologie und Oberflächentechnik	13
3.	Abgeschlossene Arbeiten	17
3.1.	Habilitationen und Dissertationen	17
3.1.1.	Habilitationen	17
3.1.2.	Dissertationen	17
3.2.	Studien und Diplomarbeiten	17
3.2.1.	Studienarbeiten/Bachelorthesis	17
3.2.2.	Diplomarbeiten/Masterthesis	18
4.	Veröffentlichungen und Vorträge	19
5.	Veranstaltungen	20
6.	Studentenzahlen	20

1 Institutsprofil

1.1 Organisationsstruktur



1.2 Personalstruktur

Professoren und Lehrbeauftragte:	03
Wissenschaftliche Mitarbeiter/innen:	26
Mitarbeiter in Verwaltung und Technik:	10
Studentische Hilfskräfte:	45

2 Laufende Forschungsarbeiten

2.1 Prozessketten und Anlagen

» [PROFORM – An innovative manufacture process concept for a flexible and cost effective production of the vehicle body in white: Porfile Form \(Berner, S.\)](#)

Die europäische Automobilindustrie ist einer der weltweit größten und einflussreichsten Industriezweige. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren und auf den steigenden Druck von Markt und Politik reagieren zu können ist sie gezwungen:

- Produktionskosten zu senken
- Entwicklungszeiten zu kürzen
- Individuelle Kundenwünsche zu befriedigen
- Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen zu reduzieren.

Zusätzlich zu diesen Herausforderungen besteht das Bestreben die Lieferzeiten deutlich zu reduzieren. Dies hat unter anderem zur Konsequenz, dass die produzierende Zulieferindustrie gezwungen wird, kostengünstige und flexibel auf Kundenwünsche einstellbare Verfahren zu entwickeln.

PROFORM ist ein europäisches Forschungsprojekt, in dem Automobilhersteller, Zulieferer, Werkzeug- und Anlagenbauer zusammen mit Universitäten und Forschungsinstituten neue Fertigungskonzepte für Karosserie- und Strukturbauteile entwickeln, die den genannten Anforderungen gerecht werden. Das Konzept basiert auf der Verknüpfung von drei aufstrebenden Fertigungsverfahren

- Walzprofilieren
- Laserumformen und
- elektromagnetisches Umformen

in einer Fertigungslinie. Innerhalb des Projektes werden die drei Umformverfahren untersucht und durch die Verwendung von multifunktionalen Materialien und Nano- und Microtechnologien optimiert.

Am PtU wird im Rahmen dieses Projektes das flexible Walzprofilieren betrachtet. Mittels dieses am PtU Darmstadt entwickelten Verfahrens ist es möglich Profilbauteile mit über der Längsachse veränderlichen Querschnitten durch Walzprofilieren herzustellen. Zur Untersuchung des Verfahrens wird in diesem Rahmen eine Anlage bestehend aus mehreren flexiblen Walzprofiliergerüsten aufgebaut. Augenmerk wird auf die Verknüpfung der einzelnen Umformstufen und die geometrische Erweiterung von flexibel profilierten

Bauteilen gelegt. Durch den Aufbau der gesamten Prozesskette des flexiblen Walzprofilierens können Einflussfaktoren von Prozess, Anlage und Halbzeug auf das gefertigte Werkstück betrachtet und analysiert werden. Ziel ist es, hieraus den Gesamtprozess weiterzuentwickeln und zu optimieren, um so steigenden Anforderungen an die Profilqualität gerecht zu werden.

» [LOEWE- Zentrum AdRIA \(Götz, P.\)](#)

Mit dem LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronik – Research, Innovation, Application) wird der Aufbau und die nachhaltige Implementierung eines international führenden Forschungszentrums für Adaptronik am Wissenschafts-Standort Darmstadt verfolgt. Übergeordnetes technologisches Ziel ist es, mit Hilfe der Adaptronik einen nachhaltigen, konsequenten Leichtbau technischer Strukturen zu ermöglichen, bei sowohl gleichzeitig verbesserter Energieeffizienz über dem Lebenszyklus als auch erhöhter Funktionalität sowie Performancesteigerung.

Die Organisation des Zentrums erfolgt als Matrixstruktur, in der alle Fragestellungen sowohl mit einem Leitprojekt wie auch mit einem Technologiebereich verknüpft sind.

Das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) bearbeitet im Technologiebereich Fertigung Aufgabenpakete, die den beiden Leitprojekten „Leises Büro“ und „Adaptive Tilger“ zugeordnet sind. In dem ersten Arbeitspaket wurden im Rahmen des Leitprojektes „Adaptive Tilger“ Konzepte zur Integration adaptronischer Komponenten in massive metallische Strukturen durch inkrementelle Umformverfahren erarbeitet, da die derzeitige differenzielle Integration adaptiver Komponenten mindestens einen zusätzlichen Prozessschritt (z.B. Kleben, Lötten, Verschrauben) benötigt und somit einen vermeidbaren Zeit- und Kostenaufwand bedeutet. Im Speziellen wurden die beiden inkrementellen Umformverfahren des Drückens und des Rundknetens näher untersucht. Nach der numerischen Abbildung der beiden genannten Umformprozesse haben zur Validierung der errechneten Ergebnisse experimentelle Untersuchungen stattgefunden. Die besondere Herausforderung bei der Integration von Aktoren und Sensoren (z.B. Piezokeramiken) mittels inkrementeller Umformverfahren besteht in der Anti-

zipation und gezielten Manipulation der auftretenden Prozesskräfte, da diese ab einem bestimmten Schwellenwert die empfindlichen Aktor- und Sensorelemente beschädigen und den Verbund somit funktionsunfähig machen können.

Das zweite Arbeitspaket gliedert sich in das Leitprojekt „Leises Büro“ ein und wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren (IDD) und dem Institut für Elektromechanische Konstruktionen (EMK) bearbeitet. Der erste Arbeitsschritt bestand in der drucktechnologischen Applikation von isolierenden und leitenden Polymerschichten zur Erzeugung eines leitfähigen Verbundes auf einem Blechsubstrat. Hierzu wurden verschiedene Polymerfarben auf ihre Tauglichkeit hinsichtlich ihrer drucktechnologischen Applizierbarkeit, der Kratzfestigkeit, der Oberflächenbeschaffenheit sowie der Reproduzierbarkeit der Schichtqualität untersucht. Neben den erwähnten Zielen ist vor allem die Umformung solcher funktionalen Schichten ein technologisches Novum, da zur beschädigungsfreien Umformung dieser Schichten diverse Prozessparameter bekannter Umformverfahren angepasst oder bestehende Umformverfahren erweitert werden müssen. Im Fokus der Betrachtungen sollen dabei vor allem das Tiefziehen mit Wirkmedien und das Walzprofilieren stehen.

In einem ersten Schritt wurden durch das PtU Zugversuche durchgeführt, um die maximale Dehnbarkeit der funktionalen Schichten zu quantifizieren. Die begleitende Aufgabe des EMK bestand in der Durchführung von Widerstands- und Durchschlagsmessungen vor und nach den Zugversuchen, um so eine Aussage über die Leitfähigkeit und die Güte der elektrischen Isolierung der funktionalen Schichten zu erhalten. Zeitgleich wurden die Oberflächenrauigkeit, die Oberflächengüte und die Dicke der Polymerschichten messtechnisch erfasst.

Mittelfristig sollen im Zuge der funktionsintegrativen Adaptronik auch Aktoren und Sensoren vor dem Umformprozess auf das Blechsubstrat appliziert werden. Bei der nachfolgenden Umformung des Bleches besteht die Herausforderung darin, dass die Aktoren/Sensoren durch die Prozesskräfte nicht beschädigt werden.

» Generierung lokaler, hydrostatischer Druckschmierungszustände beim Tiefziehen (Klöpsch, C.)

Das Spektrum der mit Leichtbauwerkstoffen darstellbaren Geometrien ist begrenzt. Weiterhin führen die bei höherfesten Stählen vorliegenden hohen Beanspruchungen sowie die Adhäsionsneigung von Aluminiumwerkstoffen zu erhöhtem abrasiven und adhäsivem Verschleiß. Zur Optimierung des Tiefziehprozesses sind daher Maßnahmen erforderlich, die eine Erweiterung der Formgebungsgrenzen und gleichzeitig eine Verschleißminderung ermöglichen.

Ziel des Projektes ist es, das Prinzip der hydrostatischen Druckschmierung in den Tiefziehprozess zu integrieren. Die am Ziehradius vorliegende Reibkraft erhöht die Gesamtzugkraft je nach Reibungskoeffizient erheblich. Daher verspricht eine dortige Minderung der Reibkraft durch eine hydrostatische Druckschmierung eine deutliche Erweiterung der Prozessgrenzen.

Da der notwendige Fluiddruck zum Aufbau eines hydrostatischen Druckpolsters und auch das Potenzial der erzielbaren Gesamtzugkraftreduktion direkt von der Größe der lokalen Kontaktnormalspannungen abhängen, ist eine grundlegende Analyse der im Tiefziehprozess vorliegenden Beanspruchungszustände erforderlich. Dabei zeigt sich, dass sich diese Beanspruchungen je nach Werkzeug-, Material- und Prozessparameter hinsichtlich Größe und Verteilung der Kontaktnormalspannungen deutlich unterscheiden. Neben diesen grundlegenden Analysen zur Auslegung der Druckkanäle besteht ein zweiter Schwerpunkt in der konstruktiven Implementierung der hydrostatischen Druckschmierung in Tiefziehwerkzeuge. Hierzu werden mögliche Ansätze hinsichtlich ihrer fertigungstechnischen Machbarkeit sowie der entstehenden Kosten beurteilt. Endergebnis des Forschungsvorhabens sind eine Potenzialanalyse des Tiefziehens mit hydrostatischer Druckschmierung sowie Gestaltungsrichtlinien und Prozessführungsstrategien für einen effizienten Prozess.

Zusammenfassend konnten beim Tiefziehen mit hydrostatischer Druckschmierung gegenüber dem konventionellen Prozess die Formgebungsgrenzen erweitert sowie weiterhin reib- und verschleißbedingte Problemzonen beseitigt werden.

» Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität;
Auslegung der Steuerung für eine 3D Servopresse (Kraft, M.)

Das hier beschriebene Forschungsprojekt wird im Rahmen des SFB805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ bearbeitet. Das beschriebene Teilprojekt (B2b) beschäftigt sich mit der Beherrschung technologischer Unsicherheiten, die aus dem beschaffungsmarktbasierten Teil der Wertschöpfungskette erwachsen. Für diese Unsicherheiten sollen geeignete Regelungsstrategien gefunden werden. Die Regelung zielt auf die Beherrschung von Halbzeugtoleranzen bei der Herstellung von lasttragenden Bauteilen ab.

Die Auslegung der Steuerung und der Regelung der 3D Servopresse bilden hierzu die Basis. Bei der Auslegung ist sowohl auf die Realisierung von Bewegungsmustern für die Stößelbewegung zu achten, wie auf die Möglichkeit der Regelung der Bewegung des Stößels in Abhängigkeit von Prozesssignalen.

Hierzu erfolgt die Auslegung bzw. Simulation der Kinematik der 3D Servopresse. Die in den Vorarbeiten erstellte 3D Servopresse dient als Modell der Verdeutlichung der Pressenkinematik. Zur Skalierung auf einen größeren Maßstab müssen die relevanten Lagen der Gelenke und die Dimensionierung der einzelnen Glieder bestimmt werden. Der Verlauf der Presskraft über dem Hub, die Belastung der Antriebselemente sowie die Gleichmäßigkeit der Getriebeübersetzung über dem Hub sind wichtige Kriterien für die Getriebeauslegung und werden mit Hilfe der Mehrkörpersimulation ermittelt.

Des Weiteren werden für das Taumelpressen und das Stauchen eines Flansches an Voll- und Hohlzylindern Simulationen durchgeführt und der Einfluss von Halbzeugeigenschaftsschwankungen studiert. Für das Taumelpressen werden unterschiedliche Regelungen entwickelt, mit denen auf Veränderungen von Prozessgrößen durch die Werkzeugbewegung bzw. Kinematik geschlossen wird. Dabei sollen besonders sinnvolle Messgrößen identifiziert werden. Potenzielle Parameter zur Prozessanpassung sind die Schrägstellung des Stempels, die Anzahl der Umdrehungen sowie der Vorschub. Relevante Produkteigenschaften bilden zunächst geometrische Größen.

» Herstellung verzweigter Bauteile durch integrierte Umform-, Zerspan- und Fügeoperationen (Ludwig, C.)

Problemstellung:

Verzweigte Bauteile in Form von Mehrkammerprofilen werden in vielfältigen Bereichen der Technik als Leichtbauelemente und multifunktionale Bauteile eingesetzt. Gegenwärtig werden diese überwiegend durch Strangpressen aus Aluminiumlegierungen hergestellt. Für Stahlwerkstoffe bestehen gravierende technologische und wirtschaftliche Einschränkungen. Walzprofilieretechnisch sind Mehrkammerprofile nur mit aufwändigen und gewichtserhöhenden Materialdopplungen herstellbar. Somit fehlen derzeit innovative Fertigungs- und Anlagenkonzepte zur Herstellung von Profilen aus Stahl ohne diese Einschränkungen.

Zielsetzung:

In diesem Projekt werden die Grundlagen für eine synchronisierte Fertigung verzweigter Blechstrukturen durch Kombination von Umform-, Trenn-, Füge- und Beschichtungsverfahren geschaffen. Für die Realisierung der angestrebten Fließfertigung wurden die Verträglichkeit der Einzelprozesse sowie eine geringe Störungsempfindlichkeit als essentielle Voraussetzungen identifiziert.

Arbeiten früherer Forschungsphasen belegten die hohe Attraktivität dieses als Fließfertigung bezeichneten Fertigungssystems, wenn es gelingt, die Verträglichkeit der Einzelprozesse miteinander und die Stabilität der Vorgänge zu gewährleisten. Für die Kombination von Spalt-, Walzprofilier-, HSC-Fräs- und Laserschweißprozessen konnten rekonfigurierbare Fertigungsfolgen identifiziert und realisiert werden, die eine Linienfertigung grundsätzlich erlauben.

Vorgehensweise:

Einerseits wird die erfolgreich gestaltete Technologie des Spaltbiegens in die synchronisierte Fertigung integriert. Andererseits zielen die Arbeiten auf die frühzeitige Erkennung von Prozessstörungen, deren Ursachen und die Identifikation möglicher Abhilfemaßnahmen. Hier liegen die Schwerpunkte auf der Qualifikation geeigneter Messverfahren und -datenverarbeitungen sowie der Ermittlung von Wech-

selwirkungen zwischen Prozessgrößen und qualitätsrelevanten Produkteigenschaften.

» [Herstellung von Rohren mit flexiblem Wanddickenverlauf durch Walzprofilieren von bandprofilgewalztem Vormaterial \(Mirtsch, M.\)](#)

Walzprofilerte Hohlprofile, wie z.B. Rohre aus Stahl haben sich in der Vergangenheit in unterschiedlichen Branchen aufgrund der großen Formenvielfalt und des kostengünstigen Herstellungsprozesses etabliert. Studien im Bereich der Verkehrsmittelindustrie belegen, dass in Zukunft Rollprofile voraussichtlich eine weiter zunehmende Bedeutung erlangen werden. Bislang wird für das Walzprofilieren üblicherweise Bandmaterial gleichmäßiger Dicke verwendet. Durch die Verwendung von Vormaterial mit über dem Querschnitt veränderlichen Dicken erschließen sich neue Konstruktions- und Einsatzmöglichkeiten der Stahlwerkstoffe für den effizienten Leichtbau. Notwendige Halbzeuge, so genannte Tailor Rolled Strips, können am Institut für Bildsame Formgebung (IBF) der RWTH Aachen mit dem Verfahren Bandprofilwalzen hergestellt werden. Diese zeichnen sich durch ein über die Breite definiertes Dickenprofil aus. Das von der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) geförderte Forschungsvorhaben wird in Zusammenarbeit des Instituts für Produktionstechnik und Umformmaschinen und des Instituts für Bildsame Formgebung (RWTH Aachen) und mehreren Industriepartnern durchgeführt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens konnte die Machbarkeit zur Herstellung von Rohren mit ungleichen Wanddicken über dem Querschnitt durch Walzprofilieren von bandprofilgewalztem Vormaterial nachgewiesen werden. Durch Berstversuche wurde die Eignung der Rohre mit einem über die Breite definierten Dickenprofil für die Innenhochdruck-Umformung analysiert. Die Untersuchungen ergaben, dass diese Rohre nach einer Wärmebehandlung in etwa gleich große Aufweitungen aufweisen, wie sie bei Rohren mit einer gefrästen Rille zur Erzeugung des über die Breite definierten Dickenprofils erzielbar sind.

» [SFB 666 – Rechnerunterstützte Bauteiloptimierung durch numerische Prozesskettenanalyse \(Rullmann, F.\)](#)

Die Herstellung verzweigter Blechbauteile ohne Doppelungen ist dank des neuen Verfahrens Spaltprofilieren möglich. Durch den Einsatz dieses Verfahrens in einer Prozesskette zur Herstellung von Mehrkammerprofilen können somit anspruchsvolle Bauteile belastungsgerecht gefertigt werden.

Während der Herstellung eines komplexen Profils entstehen prozessbedingte Eigenschaftsgradienten wie z. B. lokale Verfestigungen, so dass die Annahme eines homogenen Werkstoffs im fertigen Teil nicht mehr gültig ist. Eine zuverlässige Betriebsfestigkeitsanalyse ist somit nur unter Berücksichtigung dieser Veränderungen möglich.

Die Bewertung und Optimierung verzweigter Blechbauteile hinsichtlich der Wechselwirkungen des Herstellprozesses und der Gebrauchseigenschaften kann wirtschaftlich nur durch numerische Prozesskettensimulationen erfolgen. Ziel ist es daher, die gesamte Prozesskette vom ebenen Blech bis zum eingeformten Bauteil durchgängig zu simulieren, um die Beeinflussung des Herstellprozesses auf die Betriebsfestigkeit zu berücksichtigen. In Zukunft werden zusätzlich die Werkstoffschädigungen numerisch abgebildet, um anhand der FE genaue Aussagen zum Versagensort und Zeitpunkt treffen zu können.

Im ersten Arbeitsschritt wurden alle in der Prozesskette verknüpften umformenden Einzelprozesse (Spaltprofilieren, Walzprofilieren) der gesamten Prozesskette in den Simulationen abgebildet und auf relevante Einflussparameter untersucht. Die Ergebnisse einer Umformstufe werden als Eingangsparameter für die Simulation der nachfolgenden Stufe verwendet. Anschließend wird anhand der ganzheitlichen Prozesskettensimulation eine Prozessoptimierung hinsichtlich der Bauteileigenschaften durchgeführt.

Zukünftig sollen werkstoffspezifische Materialparameter durch Experimente ermittelt und mit den FE Simulationen verglichen werden, um dann die Werkstoffschädigungen numerisch abzubilden. Diese FE-Simulationen dienen als Basis für den Aufbau numerischer Modelle, die die inhomogenen Werkstoffeigenschaften in der Schwingfestigkeitsanalyse abbilden

Die numerische Analyse der gesamten Prozesskette ermöglicht somit schnell, zuverlässig und mit geringem Kostenaufwand die Vorhersage der Produkteigen-

schaften unter Berücksichtigung des Herstellprozesses. Des Weiteren können systematisch und effektiv Parametervariationen zur Erlangung umfassenderer Informationen durchgeführt werden.

» Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität;
Aufbau von Produktionsfamilien für die umformende Fertigung mittlerer und höherer Stückzahl (Schmitt, S.)

Im Rahmen des SFB 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ wird das nachfolgend beschriebene Forschungsprojekt bearbeitet. Ziel dieses Teilprojektes B2a ist die Beherrschung von Unsicherheiten, die durch Änderungen im absatz- und beschaffungsbasierten Teil der Wertschöpfungskette bei umformenden Fertigungsprozessen auftreten. Um dies zu erreichen ist es vorgesehen, so genannte Produktionsfamilien bestehend aus Teilprozessen zu entwickeln, welche die Adaptation einer Prozesskette bei Absatzmarktunsicherheiten an die zu fertigende Stückzahl bei gleich bleibender Bauteilqualität erlaubt.

Als Grundlage für die genannten Produktionsfamilien dient ein noch zu entwickelnder Prototyp einer 3D Servo Presse, der auf einem bereits vorhandenen Modell basiert. Diese Maschine zeichnet sich durch eine Hebelkinematik aus, die sowohl einen kraft- als auch weggebundenen Betrieb sowie eine Kombination aus beiden genannten Betriebsarten ermöglicht. Gleichzeitig besitzt der Stößel neben dem vertikalen Pressenhub die Möglichkeit gezielt um zwei Achsen zu verkippen um auf diese Weise das Bewegungsspektrum und damit die Fertigungsmöglichkeiten der Maschine im Vergleich zu konventionellen Pressensystem erheblich zu vergrößern.

Für die Entwicklung der neuen 3D Servo Presse ist es notwendig, die einzelnen Elemente des vorhandenen Modells zu überarbeiten und neu zu entwickeln, um den Anforderungen zu entsprechen. Dabei wird der Schwerpunkt besonders auf die Auslegung, Konstruktion und Simulation der Stößelbaugruppen mit den eingesetzten Lagerungen und Führungen sowie auf die Hebelkinematik gesetzt.

Neben der Pressenentwicklung werden Produktklassen und die zugehörigen Produktionsprozesse definiert und systematisch nach geometrischen Merkmalen klassifi-

ziert, um im Anschluss eine mathematische Optimierung zu ermöglichen. Mit dem Ziel, die Beherrschung von Unsicherheiten des Absatzmarktes zu ermöglichen, wird die Gesamtheit der Produkte und Prozesse zu Produktionsfamilien verknüpft.

» Vorformgeometrien für das Innenhochdruck-Umformen (IHU) durch flexibles Walzprofilieren (Vogler, F.)

Die erreichbaren Querschnittsunterschiede von hohlförmigen Bauteilen durch Innenhochdruck-Umformen sind begrenzt. Dies gilt insbesondere für beim Einsatz höherfester Stahlgüten sowie Aluminium, wenn auf aufwendige Zusatzoperationen wie Glühen verzichtet werden soll. Das flexible Walzprofilieren bietet eine Möglichkeit zur angepassten Halbzeugherstellung. Durch die Verwendung querschnittsangepasster Halbzeuge ergeben sich für das IHU neue Möglichkeiten, Bauteile mit stark unterschiedlichen Querschnittsverhältnissen wirtschaftlicher herzustellen.

Es finden experimentelle Untersuchungen zur Einförmigkeit durch Rollprofilieren und zum Schließen der Profile durch Schweißen statt. Eine große Herausforderung stellt das Schließen der Profile dar, da durch das flexible Profilieren erhebliche Formänderungen in den Flanschen der Profile eingebracht werden und somit erhöhte Anforderungen an die Prozessführung zur Erreichung der für das Schweißen Benötigten Bauteilgenauigkeit gelten. Mit den gefertigten Hohlkörpern werden anschließend Untersuchungen zum Biegen sowie zum Innenhochdruck-Umformen durchgeführt. Nach der Durchführung von Berstversuchen zur Halbzeugcharakterisierung werden Ausformversuche in einem IHU-Werkzeug bewerkstelligt.

2.2 Verfahrensentwicklung

» Effiziente Algorithmen zur Simulation von inkrementellen Umformverfahren (Abrass, A.)

Problemstellung:

Derzeit verfügbare FE-Programmsysteme eignen sich nur bedingt zur Modellierung inkrementeller Umformverfahren. Auch wenn ein Prozess numerisch abgebildet werden kann, ist die Simulation meist derart zeitintensiv, dass Parameterstudien zur Auslegung eines neuartigen Prozesses für den industriellen Einsatz zu langwierig sind. Inkrementelle Verfahren erzeugen durch den partiellen Eingriff der Werkzeuge eine lokale Umformung, während weite Bereiche des Werkstücks unbeeinflusst bleiben. Simulationen inkrementeller Umformprozesse können diese Ähnlichkeit der einzelnen Umformschritte bisher nicht nutzen.

Zielsetzung:

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Entwicklung effizienter Algorithmen zur Beschleunigung der Simulation von inkrementellen Umformverfahren. Am Beispiel des Drück- und Ringwalzens von Stirnradverzahnungen werden Simulationsmodelle entwickelt, die das Potenzial von neuen Lösungsalgorithmen aufzeigen sollen. Inkrementelle Umformverfahren zeichnen sich insbesondere durch die vielfache Wiederholung ähnlicher Schritte aus. Die vorhandenen Ähnlichkeiten werden genutzt, um die Rechenzeit deutlich zu reduzieren.

Vorgehensweise:

Zur Implementierung der neuen Ansätze dient das FE-Programmpaket PEP/LARSTRAN, das sich insbesondere durch seine Modifizierbarkeit auszeichnet. Die Verifikation der Simulationsergebnisse erfolgt mit der kommerziellen Software MARC. Neben verschiedenen numerischen Kriterien wird der iterative Lösungsprozess untersucht. Durch die Ähnlichkeit der Prozessschritte können verbesserte Startwerte für den Algorithmus angegeben werden, so dass dieser schneller konvergiert.

Ergebnisse:

Mit den neu implementierten Methoden kann eine Reduktion der Berechnungsdauer auf nahezu die Hälfte ohne Änderung der Modelleigenschaften erreicht werden. Dies ermöglicht es, in Zukunft auch komplexe dreidimensionale Probleme der inkrementellen Umformtechnik zu betrachten.

» Tiefziehen verzweigter Bleche (Bäcker, F.)

Die Entwicklung der Verfahren Spaltprofilieren und Spaltbiegen zur integralen Verzweigung von Blechen ermöglicht die kostengünstige Herstellung verzweigter Halbzeuge für die umformtechnische Weiterverarbeitung. Diese neuen Halbzeuge erweitern ihrerseits das Anwendungsspektrum etablierter Umformverfahren. So ermöglicht beispielsweise das Tiefziehen spaltgebogener und spaltprofilierter Bleche die Herstellung mehrfach gekrümmter Flächentragwerke mit annähernd parallel verlaufenden Rippen ohne aufwendige Fügeoperationen. Die Vorteile der Tiefziehverfahren lassen sich somit auf Leichtbaustrukturen übertragen und sollen neben einer technologischen Verbesserung von Tragwerks- und Crashelementen auch die produktive Fertigung solcher Bauteile ermöglichen.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 666: Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung wird das Tiefziehen verzweigter Bleche systematisch erforscht. Um Kollisionen der verzweigten Halbzeuge mit dem Werkzeug zu vermeiden, kommt hierbei das wirkmedienbasierte Tiefziehen zum Einsatz, bei dem die Umformkräfte anstelle eines starren Stempels über ein unter Druck stehendes Fluid aufgebracht werden. Aufgrund des sehr inhomogenen und bereichsweise stark verfestigten Halbzeugs sind bekannte Gesetzmäßigkeiten zu Materialfluss, Versagensmechanismen und -grenzen nicht gültig. Neben technologischen Fragestellungen zu dem neuen Verfahren werden daher auch die Grundlagen der Prozessauslegung und -steuerung erarbeitet.

Die Arbeiten umfassen auch die Untersuchung der Einflüsse vorgelagerter Umformoperationen auf das Tiefziehen mit Innenhochdruck sowie Einflüsse der Prozesssteuerung auf Versagensfälle insbesondere das Stabilitätsverhalten der Rippen.

Um auch komplizierte Flächentragwerkssysteme mit individuellen Anforderungen an die Geometrie realisierbar zu machen, wird auch die Möglichkeit einer Weiterverarbeitung der Tiefziehteile durch inkrementelle Umformverfahren erforscht.

» **Entwicklung eines segment-hydroelastischen Niederhaltersystems für Tiefziehprozesse (Ertugrul, M.)**

Während des konventionellen Tiefziehens nicht rotationsymmetrischer Bauteile entstehen im Flanschumfang unterschiedliche Formänderungszustände, die dazu führen, dass die Blechdicke in den besonders beanspruchten Flanschbereichen zunimmt. Als Folge entstehen lokal überhöhte Flächenpressungen. Eine solche inhomogene Verteilung der Flächenpressung bewirkt ihrerseits eine Steigerung der zum Flanscheinzug erforderlichen Kräfte, welche das Nachfließen des Bleches behindert und letztlich zum verstärkten Auftreten von Bauteilreißen führt. Besonders in den langen Ziehteilflanschzonen sind die Kontaktnormalspannungen deutlich geringer als in den Eckbereichen, sodass hier Ziehteilfehler in Form von Einfallstellen und Falten 1. Art entstehen können.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines segment-hydroelastischen Niederhaltersystems für das Tiefziehen. Grundidee dabei ist das Einarbeiten von Drucktaschen in den Niederhalter mit dem Ziel der Entstehung von Metallmembranen als Niederhalterfläche. Die Taschen werden in den Bereichen positioniert, in denen die größten Blechaufdickungen während des Tiefziehens mit starrem Niederhalter auftreten. Durch die Segmentierung wird ein Niederhalter realisiert, der sich in Bereichen mit geringer Aufdickung starr und in Bereichen mit erheblicher Aufdickung elastisch verhält.

Zur Auslegung der Drucktaschen im Ziehring wird zunächst diese Blechdickenverteilung im Flanschbereich bestimmt. Basierend hierauf werden die erforderlichen Kompensationswege in den segment-hydroelastischen Bereichen berechnet. Die Werkzeugbelastungen beim Tiefziehen werden mit Hilfe der FE-Simulation analysiert und hinsichtlich einer homogenen Flächenpressungsverteilung optimiert. Durch Parametervariationen wird eine optimale Prozessführungsstrategie für Kanaldrücke ermittelt. Darauf aufbauend erfolgen die Werkzeugkonstruktion und die

anschließende Erprobung im Versuchsfeld des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) Hannover in dessen Zusammenarbeit das Projekt bearbeitet wird.

» **Entwicklung neuartiger Leichtbau-Rollprofile aus flexibel gewalzten höher- und höchstfesten Mehrphasenstählen (Tailor Rolled Blanks) für den Automobil- und Transportsektor (Beiter, P.)**

Um den kontinuierlich steigenden Anforderungen an Sicherheit und Umweltverträglichkeit zukünftiger Fahrzeuge Rechnung zu tragen und zusätzlich dem Trend der stetigen Gewichtszunahme von einem Fahrzeugmodell zu seinem Nachfolger entgegen zu wirken, werden im Automotive- und Transportsektor seit einigen Jahren verstärkt Leichtbaustrategien im Karosserie- und Strukturbereich gesucht und erforscht. Vor allem eine belastungsoptimierte, d.h. variable Wanddickenverteilung innerhalb der strukturbildenden Bauteile verspricht hier ein großes Einsparpotential.

Ziel des Forschungsvorhabens HI-PAT ist daher die Entwicklung einer hoch integrierten Profilbaukastenfamilie für den Automotive- und Transportsektor aus höher- und höchstfesten Mehrphasenstählen mit belastungsangepassten Blechdickenverläufen. Dazu sollen erstmalig sog. Tailor Rolled Blanks (d.h. Bleche mit einem variablen Dickenverlauf in Walzrichtung) durch Walzprofilieren zu stabförmigen Strukturbauteilen umgeformt werden.

Nach der Fertigung eines Prototypenwerkzeuges werden Grundlagenuntersuchungen zum Profilieren von TRBs im Reversierbetrieb durchgeführt. Von besonderem Interesse sind hierbei die Maßhaltigkeit und die resultierenden Bauteileigenschaften der erzeugten Profile.

» **Untersuchung des Werkstoffverhaltens bei der Warm-Innenhochdruck-Umformung (Elsenheimer, D.)**

Die Umformtechnik stößt bei Verwendung von Leichtbaumaterialien wie z. B. Aluminiumlegierungen oder hochfesten Stählen häufig an Grenzen, da diese Materialien frühzeitig durch Reißen versagen bzw. hohe Prozesskräfte erfordern. Diesem Problem wird neuerdings auch in der Blechumformung durch eine

Materialerwärmung begegnet. Auch auf dem Gebiet der Innenhochdruck-Umformung wird derzeit an Lösungen gearbeitet, die eine Umformung im so genannten warmen Temperaturbereich ermöglichen. Hierzu kommt Gas als Druckmedium zum Einsatz. Für numerische Simulationen fehlen zuverlässige Daten zur Beschreibung des Fließverhaltens der rohrförmigen Halbzeuge aus den genannten Materialien im warmen Temperaturbereich. Die Verwendung von Fließdaten aus einachsigen Zugversuchen ist für die Innenhochdruckumformung nicht ausreichend.

Ziel des Vorhabens ist es, eine zuverlässige Prüfmethodik zur Ermittlung von Fließdaten für die Innenhochdruck-Umformung im warmen Temperaturbereich zu entwickeln.

Es wurde eine Prüftechnologie entwickelt und realisiert, mittels der es möglich ist, Rohrfließkurven bei konstanter Temperatur bis 1200°C und konstanter Umformgeschwindigkeit zu ermitteln. Die Funktionalität des Verfahrens wurde umfangreich nachgewiesen. Mittels geeigneter Approximationsansätze ist es möglich, analytische Zusammenhänge aufzustellen, welche das Verhalten eines Werkstoffes in Abhängigkeit von Temperatur, Umformgrad und Umformgeschwindigkeit mit hoher Genauigkeit beschreiben. Solche Ansätze fließen in thermomechanisch gekoppelte FE-Simulationen von Warm-IHU-Prozessen ein.

» Herstellung von UFG Werkstoffen durch Rundkneten (Görtan, O.)

Durch große plastische Deformation (SPD) erzeugte ultrafeinkörnige (UFG) Werkstoffe weisen vielversprechende Eigenschaften auf, wie z.B. eine Kombination aus hoher Festigkeit und Duktilität, die sie für viele technische Anwendungen interessant machen. Trotz des breiten möglichen Anwendungsspektrums ist ihre kommerzielle Nutzung bislang sehr begrenzt. Die Ursache hierfür liegt vor allem in dem hohen Fertigungsaufwand für UFG Werkstoffe

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Optimierung eines neuen SPD Prozesses zur kontinuierlichen Herstellung von UFG Werkstoffen auf Basis eines modifizierten Rundknetverfahrens. Neben der Herstellung von UFG Werkstoffen werden als grundlegende als grundlegende Optimierungsansätze die Verbesse-

rung der resultierenden Werkstoffeigenschaften und die Steigerung der Effizienz des Verfahrens verfolgt.

Es wird zunächst geeignete Werkzeuge für SPD Verfahren entwickelt. Mit der konservativen Auslegung eines ersten Werkzeugsatzes ist die Machbarkeit des Prozesses gezeigt worden. Der neuentwickelte Prozess ist in der Lage eine Kornfeinung im Material durch Subkornbildung zu erzeugen und zeichnet sich durch die geringe Prozesskräfte aus. Mit einer optimierten zweiten Werkzeuggeometrie ist die Erhöhung des Prozesses angestrebt. Somit soll das Potenzial des Verfahrens besser genutzt werden.

» Erweitern der Verfahrensgrenzen beim Spaltprofilieren (SFB 666, TP B1) (Schmitt, W.)

Laufzeit: 07/2009 - 06/2013

Die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen bezüglich des Spaltprofilierens fokussierten die Umformung von Halbzeugen konstanter Breite. Leichtbauanwendungen erfordern im Fall geschlossener Profile jedoch belastungsangepasste, variable Querschnitte. Ziel des Teilprojektes ist daher die Erweiterung des herstellbaren Formenspektrums durch die Entwicklung des flexiblen Spaltprofilierens von Halbzeugen mit variablem Bandkantenverlauf. In dem Forschungsvorhaben kommen sowohl analytische als auch experimentelle Methoden zum Einsatz. Die Grundlage des Projektes bilden numerische Arbeitsschwerpunkte zur Durchführung spannungsmechanischer und kinematischer Voruntersuchungen sowie zur Werkzeugdimensionierung. Darauf folgt die Konzeption, Konstruktion und praktische Umsetzung eines Versuchswerkzeuges. Für die Aktorik sind entsprechende Steuer- und Regelungskonzepte zu entwerfen und zu realisieren. Im Rahmen von Versuchen wird das Verfahren implementiert, Parametervariationen werden durchgeführt, Schwachstellen detektiert und analysiert sowie eine Verfahrensoptimierung vorgenommen. Verfahrensgrenzen werden sowohl mittels experimenteller, als auch mit Hilfe analytischer Sensitivitätsanalysen bestimmt.

Das methodische Erweitern des Spaltprofilierprozesses ermöglicht die Realisierung von spaltprofilierten Halbzeugen mit variabler Bandbreite. Deren Weiterverarbeitung hin zu geschlossenen und belastungsangepas-

ten Profilen variablen Querschnitts erfolgt mittels eines Walzprofilierprozesses.

» Auslegungsalgorithmen für „flexible“ Walzprofilierprozesse (Storbeck, M.)

Die Anforderungen an profilierte Bauteile steigen hinsichtlich der Erhöhung der Steifigkeit und der Reduzierung von Gewicht. Einen Ansatz, diesem Trend gerecht zu werden, bietet das am PtU entwickelte flexible Walzprofilieren zur Herstellung von Profilen mit veränderlichen, an die Belastung angepassten Querschnitten. Derzeit fehlt es jedoch an einer durchgängigen Beschreibung der Verfahrensgrenzen. Die Zielsetzung dieses Forschungsvorhabens besteht darin, die wissenschaftlichen Grundlagen für die Auslegung des flexiblen Walzprofilierens weiter herauszuarbeiten. Durch die Weiterentwicklung analytischer Berechnungsmodelle soll sich die Herstellbarkeit unterschiedlicher Profilgeometrien effizient überprüfen lassen. Des Weiteren werden eine Erweiterung der Verfahrensgrenzen und eine Steigerung der Prozesssicherheit angestrebt. Mithilfe der FE-Simulation lassen sich verfahrenskritische Bereiche analysieren bzw. der Einfluss unterschiedlicher Bauteil- und Prozessparameter auf das Profilierungsergebnis ermitteln. Für experimentelle Untersuchungen kommt das am PtU vorhandene Werkzeugsystem zum flexiblen Profilieren zum Einsatz. Als Modellgeometrie für den Abgleich zwischen den numerischen und experimentellen Ergebnissen dient ein in Längsrichtung breitenveränderliches U-Profil. Aus den Resultaten lassen sich die Randbedingungen für die Berechnungsmodelle ableiten. Mittels numerischer Berechnungen und experimenteller Untersuchungen ist es gelungen, grundlegende Zusammenhänge zum flexiblen Profilieren zu generieren. Dabei ist der Einfluss sowohl geometrischer als auch werkstofflicher Parameter deutlich geworden. Als versagenskritischer Bereich wurde der Druckbereich des Profilschenkels identifiziert, in dem Faltenbildung auftreten kann. Auf Basis dieser Untersuchungen konnte ein One-Step-Modell aufgestellt werden, mit dessen Hilfe die Machbarkeitsüberprüfung einer Bauteilgeometrie schneller erfolgen kann.

» Sonderforschungsbereich 666: Transferprojekt T1; Beherrschen von Toleranzfeldern beim Spaltprofilieren (Taplick, C.)

Das neue Massivumformverfahren Spaltprofilieren ermöglicht das Fertigen von verzweigten Profilen in integraler Bauweise. Die grundsätzliche Machbarkeit des kontinuierlichen Spalt- und Walzprofilierens konnte im Rahmen des an der TU-Darmstadt eingerichteten Sonderforschungsbereiches (SFB) 666 gezeigt werden. Untersuchungen ergaben, dass verzweigte Profile aus Blech definierten Flanschlängen realisierbar sind. Für eine wirtschaftliche Nutzung der erarbeiteten Technologien fehlen bisher noch weiterführende Erkenntnisse über die erreichbaren Toleranzen unter industriellen Bedingungen.

Ziele dieses Transferprojektes sind die Analyse erforderlicher Genauigkeiten für potenzielle, durch Spaltprofilieren industriell realisierbare Produktklassen und das Ableiten von Maßnahmen für das Erreichen dieser Toleranzfelder in kontinuierlichen Spalt- und Walzprofilierprozessen. Anhand zweier Produkte sind die fertigmöglichen Toleranzen zu dokumentieren. Bei Abweichungen zu den zulässigen Toleranzen der ausgewählten Produkte sind Maßnahmen zur Eingrenzung des Toleranzfeldes abzuleiten und umzusetzen. Hierzu ist eine Weiterverarbeitung des Steges und der in den vorangegangenen Projektschritten erzeugten Flansche erforderlich. Aufgrund der Vielzahl an Einstellmöglichkeiten einer Spaltprofilieranlage sind eine Vereinfachung der Einrichtarbeiten und die Untersuchung des Einflusses von Störgrößen, wie z.B. die Fehljustage eines Rollenwerkzeuges, weitere Ziele des Transferprojektes.

Im ersten Arbeitsschritt wird eine Analyse von Produktanforderungen vorgenommen und die Zielgeometrie der Prototypen definiert. Darauf folgt die Prozesskettenauslegung und -gestaltung zur Herstellung der Demonstratoren. In einem anschließenden Schritt erfolgt die Auslegung und Konstruktion der Werkzeuge für die Einzelprozesse. Parallel hierzu wird eine numerische Sensitivitätsanalyse der einzelnen Prozessschritte vorgenommen. Im Folgenden werden die erreichbaren Toleranzfelder experimentell untersucht. Maßnahmen zur Eingrenzung der gefundenen Toleranzfelder werden im weiteren Verlauf des Projektes erstellt. Die

erarbeiteten Maßnahmen werden abschließend zur Entwicklung geeigneter Rüststrategien zur Beherrschung der Toleranzfelder eines Spalt- und Walzprofilierprozesses genutzt.

Diese Forschungsarbeit wird im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) getragenen Sonderforschungsbereichs (SFB) 666 „Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung“ durchgeführt. Des Weiteren bedanken wir uns für die Unterstützung und Förderung der im Transferprojekt durchgeführten Tätigkeiten bei unseren Kooperationspartnern.

» Einfluss von Faserverlauf und Gefüge auf die Schwingfestigkeit warmmassiv-umgeformter ausscheidungshärtender, ferritisch-perlitischer Stähle (Türk, M.)

Für kostengünstige AFP-Stähle, die immer weitere Verbreitung erlangen, soll die Schwingfestigkeit unter besonderer Berücksichtigung der Umformgeschichte (Faserverlauf im Gefüge) untersucht und numerisch abgebildet werden. Deren Wettbewerbsfähigkeit soll durch einen zutreffenden Bemessungsprozess, der die gesamte Umformgeschichte eines Bauteils berücksichtigt, gesteigert werden. Der Einfluss von zeiligen Schwefelverbindungen und Phosphoreinschlüssen auf die Schwingfestigkeit soll bewertet und in die Richtlinie des Forschungskuratorium Maschinenbau "Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Bauteile im Maschinenbau" aufgenommen werden. Im Rahmen dieses Projekts soll der Faserverlauf selbst das Material charakterisieren und nicht nur eine Hilfsgröße darstellen. Hierzu soll eine Methode zur Vorhersage des Faserverlaufes erarbeitet werden. Mit einer quantitativen Beschreibung der zeiligen Schwefelverbindungen und Phosphoreinschlüsse soll es möglich sein, Gebrauchseigenschaften von Bauteilen prospektiv bewerten zu können um so zusätzliche Einsparpotenziale (Leichtbau) bzw. Festigkeits- und Lebensdauererhöhungen, basierend auf lokalen Bemessungskonzepten, zu identifizieren.

Integration von Funktionsmaterialien (SFB 805, TP B4)

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ werden im Teilprojekt B4 die Grundlagen für die Integration adaptronischer Komponenten in massive metallische Strukturen durch inkrementelle Umformverfahren gelegt. Die Verbindung zwischen Tragstruktur und adaptronischer Komponente muss eine wechselseitige sichere Energieübertragung ermöglichen, eine hohe Langzeitstabilität aufweisen und nachfolgenden Bearbeitungsvorgängen standhalten. Inkrementelle Umformverfahren erscheinen für diese Integrationsaufgabe besonders attraktiv, weil sie einerseits ohne zusätzliche Fügebauteile auskommen und Füge- und Formgebungsaufgaben gleichzeitig lösen können. Andererseits sind bei ihnen die Formgebung und die lokale Bauteilbeanspruchung durch die Wahl der Werkzeugbahnen in weiten Bereichen beeinflussbar. Eine große Herausforderung bei dieser Art der Integration stellt die Empfindlichkeit der adaptronischen Komponenten dar. Daher müssen bislang bekannte Methoden zur Auslegung von Werkzeugbahnen um die Berücksichtigung zusätzlicher Nebenbedingungen für die auftretenden Bauteilbeanspruchungen erweitert werden. In der ersten Phase liegt der Schwerpunkt der Tätigkeiten auf der Untersuchung von Integrationsmöglichkeiten von Piezoaktoren in Hohlstäbe. Die zum Einsatz kommenden Piezoaktoren dürfen im Betrieb nur mit Druckspannungen beaufschlagt werden, weshalb sie mit einer Vorspannung eingebaut werden müssen. Zur Realisierung der Kopplung von Hohlstäben und Piezoaktoren ist eine Regelung der Werkzeugbewegung notwendig, in die auch die während des Fügevorgangs auftretenden Signale der Piezoaktoren eingehen.

2.3 Tribologie und Oberflächentechnik

» DFG-Normalverfahren (Elsen, A.)

Einfluss einer Kühlung auf die tribologischen Verhältnisse beim Umformen von Aluminiumblechen

Die Adhäsionsneigung von Aluminiumblechen führt beim Umformen zu Werkzeugverschleiß in Form von Aufschweißungen, wodurch die Prozessstabilität sowie die resultierende Bauteilgüte beeinträchtigt werden. Die Orte der Verschleißinitiierung entsprechen dabei den Orten größter mechanischer und thermischer Beanspruchung. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, das Potenzial sowohl einer lokalen als auch einer globalen Temperaturabsenkung in der Kontaktzone beim Umformen von Aluminium-Legierungen zu ermitteln. Der zu untersuchende Temperaturbereich liegt dabei unterhalb der Raumtemperatur. Die gewonnenen Erkenntnisse über die in diesem Bereich wirkenden metallkundlichen und tribologischen Mechanismen sollen zur Entwicklung einer Methode beitragen, mit der die Entstehung des Adhäsionsverschleißes durch gezielte, lokale Herabsetzung der Temperaturen an verschleißkritischen Stellen verhindert werden kann.

BMW Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Grundlagen und Mechanismen des EMPT-Schweißens

Mit Hilfe der Elektromagnetischen Pulsumformtechnologie (EMPT) ist die stoffschlüssige Verbindung metallischer Komponenten ohne Zuführung von thermischer Energie möglich. Hierzu erfolgt eine gezielte Beschleunigung der zu verbindenden Bauteile durch ein gepulstes, hochenergetisches Magnetfeld. Sofern die Prozessparameter innerhalb eines Prozessfensters liegen ist die stoffschlüssige Verbindung beider Kontaktpartner durch Aufbau einer metallischen Bindung möglich. Im Gegensatz zum thermischen Schweißen tritt keine Gefügebeeinflussung durch Wärmeeinwirkung auf. Darüber hinaus ist mit Hilfe des EMPT-Schweißens auch die stoffschlüssige Verbindung ungleicher und konventionell nicht schweißbarer Materialpaarungen, wie z. B. Aluminium und Stahl, möglich. Ziel des Kooperationsprojektes ist neben der Erstellung von Algorithmen und empirischen Modellen zur virtuellen Schweißsimulation (PSTproducts) und der

Konzeption, Auslegung und Fertigung eines Modellprüfstands (LS-Mechanik), die grundlegende Untersuchung der beim EMPT-Schweißen wirkenden Mechanismen mittels oberflächentechnischer und materialwissenschaftlicher Methoden (PtU).

» Analyse und Beeinflussung des Wärmehaushaltes in der Blechumformung (Engels, M.)

Sowohl in der Umformung von Aluminium als auch hochfesten Stahlblechen wird während des Prozesses Wärme frei. Ursache hierfür sind einerseits in Wärme umgesetzte Umformenergie, andererseits Wärmeenergie aus Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück. Dieser dissipative Vorgang führt einerseits zu Aluminiumadhäsion an den Umformwerkzeugen und andererseits zu deutlich erhöhten Prozesstemperaturen und Schmierfilmeinbrüchen bei der Stahlumformung. Zudem weisen die umgeformten Werkstücke sehr hohe Temperaturen auf, was die Handhabung in der betrieblichen Praxis erschwert. In der Stahlumformung sind daher aktiv gekühlte Werkzeuge verbreitet. Bisher unbekannt sind allerdings die Einflüsse tribologischer Systemkomponenten auf thermodynamische Vorgänge und Wechselwirkungen zwischen Umformung, Reibung und Wärmeübertragung sowie -leitung.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, ein grundlegendes Verständnis für die Mechanismen der Wärmeentstehung und -ausbreitung in der Blechumformung zu entwickeln. Im Fokus steht dabei, die Haupteinflussparameter auf die Wärmeentstehung zu identifizieren. Über die Entwicklung einer Kennwertformulierung soll die Charakterisierung tribologischer Systeme hinsichtlich ihrer thermischen Wirksamkeit in der Blechumformung ermöglicht werden. Daneben ist es Ziel numerischer Analysen einen Blechumformprozess thermomechanisch gekoppelt bis in einen stationären Temperaturzustand zu simulieren. Schließlich ist die Erarbeitung von Handlungsrichtlinien zur Ableitung praxistauglicher Kühlkonzepte angestrebt. Experimentell konnten zunächst die Wärmeströme aus Reibung, Umformung sowie kombinierten Lastfällen isoliert untersucht und mit numerischen Berechnungen abgeglichen werden. Thermomechanisch gekoppelte Modelle zum Tiefziehen und Abstreckgleitziehen wurden aufgebaut und verifiziert.

» Mikromechanische Simulation von Grenz- und Mischreibungphänomenen in der Blechumformung (DFG 32-1; Ludwig, M. und Müller, Cécile)

In der Blechumformung treten große Flächen von Werkzeug und Werkstück miteinander in Kontakt, die sich während des Umformvorgangs relativ zueinander bewegen. Für die Prozessauslegung ist daher die Kenntnis der tribologischen Verhältnisse unerlässlich. Die Abbildung makroskopischer Reibvorgänge in FEM-Modellen ist in guter Näherung mit empirischen Modellen bereits gelungen. Die Berechnung lokaler Reibschubspannungen mit Hilfe dieser Gesetze ist bei Umformprozessen aber bislang nicht möglich. Zur mathematischen Formulierung der in der Wirkfuge stattfindenden mikroskopischen Vorgänge mangelt es noch am physikalischen Verständnis.

Hydrostatisch und hydrodynamisch wirkende Schmierstofftaschen bilden sich im Laufe der Umformung auf der Oberfläche aus und beeinflussen so die tribologischen Verhältnisse. Die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Oberflächenstrukturen und Schmierstoffen ist bislang nur unzureichend möglich.

Aus diesem Grund zielt das Vorhaben auf die Analyse und Modellierung der zwischen Werkzeug und Werkstück auftretenden Grenz- und Mischreibungphänomene in der nicht durch Erwärmung unterstützten Blechumformung ab.

Zur Gewinnung detaillierter Kenntnisse bezüglich der Beeinflussung der Spannungszustände im Werkstück durch die Schmierstoffdrücke erfolgt eine Modellierung der Vorgänge mit Hilfe numerischer Methoden.

Durch Oberflächeneinglättung und -aufrauung können abgeschlossene Schmierstofftaschen entstehen, in denen hydrostatischer Druck aufgebaut werden kann. Durch Tangentialbewegungen zwischen Werkzeug zu Werkstück entstehen hydrodynamische Effekte im Schmierstoff, deren Auswirkungen auf die Oberfläche bislang weitestgehend unbekannt sind.

Die Numerische Modellierung soll Aufschluss darüber geben, in wie weit Spannungen und Dehnungen im Material entstehen, die die Umformung in entscheidendem Maße beeinflussen.

» Integration von Werkstoffermüdungseffekten in die Verschleißsimulation von Umformwerkzeugen (Möller, N.)

Problemstellung:

Der Trend zum Leichtbau führt zu einer Substitution von herkömmlichen Werkstoffen durch immer festere Werkstoffe. Dies hat zur Folge, dass die Werkzeuge schneller verschleifen und somit erhöhte Kosten durch verringerte Werkzeugstandzeiten, aufwendige Nacharbeiten und längere Stillstandzeiten verursacht werden. Häufig wird erst nach dem Auftreten von Verschleiß der Schmierzustand optimiert und Werkzeugbeschichtungen eingesetzt.

Zielsetzung:

Durch die Integration von Werkzeugermüdungseffekten in die Verschleißsimulation wird es möglich, Umformwerkzeuge bereits in der Entwicklungsphase verschleißgerecht auszulegen und so hohe Kosten durch nachträgliche Werkzeugoptimierung und durch verschleißbedingte Stillstandzeiten zu vermeiden.

Lösungsweg:

Um die Einflüsse der verschiedenen Parameter, wie Reibgeschwindigkeit, Flächenpressung, Belastungsunterbrechungen und Temperatur auf den Werkzeugverschleiß zu untersuchen, werden diese in Streifenziehversuchen, mit denen sich Presswerkbedingungen modellhaft sehr gut abbilden lassen, gezielt verändert, wobei die Verschleißarbeit konstant gehalten wird. Der auftretende Verschleiß wird quantifiziert und hinsichtlich der wirkenden Verschleißmechanismen eingeordnet. Der Einfluss der einzelnen Parameter auf Art und Menge des Verschleißes wird beschrieben und Auslegungskriterien für Prozessparameter beim Tiefziehen definiert.

Anschließend wird die Verschleißsoftware REDSY in Zusammenarbeit mit dem utg (Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen) in München durch Integration des Verschleißmodells erweitert.

» Tribologische Optimierung beim Tiefziehen durch Servopressen (Möller, N.)

Problemstellung:

Durch das Streben nach reduzierten Bauteilgewichten kommen zunehmend Aluminiumlegierungen und höherfeste Stahlwerkstoffe in der blechverarbeitenden Industrie zum Einsatz. Durch das geringere Formänderungsvermögen dieser Werkstoffe ist das Spektrum der herstellbaren Geometrien eingeschränkt. Weiterhin führen diese zu erhöhtem abrasiven und adhäsivem Verschleiß.

Zielsetzung:

Eine Möglichkeit, die Prozesskräfte zu reduzieren und somit die Prozessgrenzen zu erweitern, besteht in der Reduzierung des Reibkoeffizienten. Durch die in den letzten Jahren auch in Europa in vielfältigen Bauarten und Leistungsklassen verfügbar gewordenen Servopressen besteht die Möglichkeit, den Geschwindigkeitsverlauf eines Prozesses nahezu beliebig anzupassen und die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Reibkoeffizienten auszunutzen.

Ziel dieses Projektes ist es daher, durch eine Anpassung des Geschwindigkeitsverlaufes des Stempels beim Tiefziehen die Prozesskräfte zu reduzieren und die Prozessgrenzen zu erweitern.

Lösungsweg:

Zunächst muss die genaue Abhängigkeit des Reibkoeffizienten von der Gleitgeschwindigkeit bekannt sein. Hierfür werden Reibversuche in Form des Streifenziehversuches durchgeführt. Dabei wird neben dem Geschwindigkeitseinfluss auch der Einfluss des Schmierstoffes und der Schmierstoffmenge untersucht. In einem weiteren Schritt wird ein FEM-Modell entwickelt, in das die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Reibkoeffizienten integriert ist. In Kombination mit Tiefziehversuchen mit einer rotationssymmetrischen Geometrie wird ein tribologisch optimales Geschwindigkeitsprofil entwickelt und anhand einer beliebigen Geometrie verifiziert. Am Ende des Projektes stehen Strategien für die Optimierung von Geschwindigkeitsverläufen beim Tiefziehen mit Servopressen.

» Schnelles Rüsten beim Walzprofilieren (Müller, Christian)

Bei der Herstellung profilförmiger Massenprodukte ist das Walzprofilieren als hochproduktives Verfahren in der Industrie etabliert. Die Produktpalette reicht von Kleinbauteilen für Konsumgüter über Linearführungen jedweder Art, Rohren und Rahmenbauteilen bis hin zu Längsträgern für LKW-Rahmen und Strukturbauteilen an PKW-Karosserien.

Walzprofilieranlagen bestehen aus einer Vielzahl von Gerüsten bzw. Umformstationen. In den Gerüsten werden Werkzeuge, die so genannten Rollen, gelagert und ggf. angetrieben. Aus der großen Anzahl von Gerüsten - bei komplexen Profilgeometrien sind bis zu 70 Einzelgerüste notwendig - resultiert eine Vielzahl von Ein- und Verstellmöglichkeiten. Die Rüst- und Einstellzeiten, die erforderlich sind bis die Produktion eines neuen Profils oder einer geänderten Geometrie prozesssicher begonnen werden kann, bestimmen maßgeblich die Herstellkosten. Bis heute beruhen die Einstellarbeiten und die Fehlersuche im Wesentlichen auf einer erfahrungsbasierten Vorgehensweise. Diese stößt an Grenzen, weil die Komplexität von Produkten und Anlagen stetig weiter ansteigt. Für die Fertigung kostengünstiger, individueller und flexibler Produkte bei geringeren und mittleren Losgrößen findet das Walzprofilieren demnach aufgrund der langen Rüstzeiten nur in sehr geringem Maße Anwendung. Dieses Projekt zielt auf die Reduzierung dieser nicht wertschöpfenden Zeiten ab.

Mit diesem Forschungsvorhaben sollen wissenschaftlich abgesicherte Methoden zur Beherrschung dieser Problematik erarbeitet werden. Das Ziel ist es strukturierte Blechplatinen als Signalgeber zu nutzen und durch diese Informationen über den Rollenabdruck und so die Rollenfehlstellung zu erhalten und so Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Dazu soll im Rahmen dieses Projektes eine Walzprofilierstrecke samt Messsystem und Strukturierungseinheit konzipiert und realisiert werden.

Daraus ergeben sich folgende Schwerpunkte:

- Beschaffung eines potentiellen Messsystems, Konstruktion einer Haltevorrichtung und Implementierung in die Walzprofilierstrecke
- Untersuchungen zur Ermittlung von Korrelationen zwischen Oberflächenveränderung und Belastungsgrößen im Kontaktbereich Rollen - Blech
- Aufbau von FE-Modellen zur Ermittlung der Kontaktnormalkraftverteilung und Abgleich mit den experimentellen Ergebnissen
- Herleitung von Gegenmaßnahmen und Handlungsempfehlungen sowie anschließende Transferanwendungen in der Industrie

Das zu entwickelnde Reibmodell basiert auf physikalischen Grundlagen, erfasst die wesentlichen Einflussparameter, die Auswirkungen auf das tribologische System haben, und soll ohne Ermittlung spezieller Kenngrößen auf andere tribologische Systeme übertragbar sein.

» Entwicklung eines Reibmodells zur Beschreibung der tribologischen Verhältnisse in der Kaltmassivumformung bei strukturierten Halbzeugoberflächen (Stahlmann, J.)

Prozesssimulationen in der Umformtechnik kristallisieren sich mehr und mehr als Faktor für erfolgreiche Werkzeug- und Prozessplanung in Unternehmen der Kaltmassivumformung heraus. Der steigende Kostendruck verlangt nach schnellen, aussagekräftigen Simulationen, die die Anzahl an Realversuchen minimieren und somit Prozessauslegungen an kritischen Stellen im Produktionsprozess vereinfachen.

Moderne FE-Systeme bieten für die Massivumformung weit entwickelte Modellierungs- und Berechnungsalgorithmen. Den komplexen Vorgängen im Tribosystem wird aufgrund einfacher Reibmodelle nur unzureichend Rechnung getragen. Heute werden im Wesentlichen Reibmodelle nach Coulomb sowie das Reibfaktorgesetz angewendet.

Effekte der lokal auftretenden, starken Oberflächenveränderungen durch Einebnung und Reibung, die während der Kaltmassivumformung auftreten, können diese Modelle nicht abbilden.

Ziel dieses DFG-Projektes ist daher ein halbempirisches Reibmodell zu entwickeln, das den aktuellen Anforderungen aus der Kaltmassivumformung gerecht wird. Neue Ansätze, wie die Reduktion von Prozesskräften durch gezielte Oberflächenstrukturierung zur Ausbildung von hydrostatischen und -dynamischen Schmierstofftaschen werden integriert.

3 Abgeschlossene Arbeiten

3.1 Habilitationen und Dissertationen

3.1.1 Habilitationen

- keine -

3.1.2 Dissertationen

» Elsenheimer, Dirk

Entwicklung eines Verfahrens zur Untersuchung des Halbzeug- und Materialverhaltens bei der Warm-Innenhochdruck-Umformung

» Köhler, Michael

Beitrag zur zinkphosphatschichtfreien Kaltmassivumformung durch tribologisch vorteilhafte Halbzeugoberflächen

» Klöpsch, Christian

Generierung lokaler, hydrostatischer Druckschmierzustände beim Tiefziehen

» Scheitza, Mathias

Konzeption eines flexiblen 3D-Servopressensystems und repräsentative Basisanwendungen

3.2 Studien und Diplomarbeiten

3.2.1 Studienarbeiten bzw. Bachelorthesis

» Gilgenbach, Volker

Untersuchung der gezielten Oberflächenstrukturierung durch Rundknetprozesse

» Langschwager, Kay

Tribologische Analyse und Klassifizierung verschiedener Kaltumformprozesse

» Monnerjahn, Vincent

Untersuchung der Einflüsse verschiedener Prozessparameter auf den Werkzeugverschleiß von Tiefziehwerkzeugen aus Werkzeugstahl

» Steuer, Jonas

Experimentelle Analyse von Wärmeübergangsparametern in tribologischen Systemen der Umformtechnik

» Duschka, Alexander

Bestimmung der Bauteilqualität von flexibel profilierten Bauteilen durch FE-Simulation

» Sporbeck, Thorsten

Untersuchungen zur Aufbringung deterministischer Oberflächenstrukturen auf Edelstahlrohre für die Analyse des Reibverhaltens beim Innenhochdruckumformen

» Ruhl, Michael

Analyse des hydrostatischen Druckaufbaus in Schmierstofftaschen beim Innen-Hochdruck-Umformen

» Meziani, Driss

Entwicklung und Analyse von Werkzeugkonzepten für das Walzprofilieren von Tailor Rolled Blanks zu geschlossenen Profilen mittels FE-Simulation

» Gottschling, Anke

Fertigung von Klangkörpern mit definierten Eigenfrequenzen durch Drücken

» Wießner, Lennart

Laserschweißen eines Hohlprofils mit veränderlichem Querschnitt

» Angelmahr, Michael u. Wilhelm, Klaus

Experimentelle Analyse von Wärmeübergangsparametern in tribologischen Systemen der Umformtechnik

» Seiter, Dominik u. Sekker, Constantin

Erweiterung und Optimierung eines Rohr-Berstprüfverfahrens im warmen Temperaturbereich

» Koltuk, Serkan

Prozessanalyse zum Tiefziehen mit Innenhochdruck von versteiften Blechen

- » Özel, Halil
Regelung des Blechkanteneinzuges beim Tiefziehen mit Innenhochdruck
- » Buse, Axel
Tribologische Beurteilung von Schmierstoffsystemen für In-Line-Prozessketten in der Kaltmassivumformung
- » Croseck, Benjamin u. Doll, Marvin
Analytische und numerische Untersuchungen zur Quantifizierung der Werkzeugbelastungen beim Tiefziehen anhand verschiedener Modellversuche
- » Metzler, Manuel
Analyse und Erprobung der Möglichkeit zur Simulation von Klangkörpern durch die Methode der finiten Elemente und Anwendung in Realversuchen
- » Zhang, Jing
Experimentelle Untersuchungen zum Tiefziehen verschiedener Modellgeometrien mit hydrostatischer Druckschmierung
- » Brenneis, Matthias
Induktive Erwärmung beim Spaltprofilieren
- » Ibís, Mesut
Entwicklung und Analyse verschiedener Werkzeugkonzepte für das Walzprofilieren von Tailor Rolled Blanks zu einem Hut-Profil mittels FE-Simulation
- » Sakaguchi, Dai-Viktor
Weiterentwicklung bestehender Werkzeugkonzepte für das Walzprofilieren von Tailor Rolled Blanks mittels Finite-Elemente-Simulation
- » Schmitt, Sebastian
Entwicklung der Stößelbaugruppe für eine 3D-Servopresse
- » Marramiero, Lorenzo
Development of forming methods for the production of profiles with variable height in a roll forming process by means of finite element analysis - Entwicklung von Methoden zur Einformung von Profilbauteilen mit höhenveränderlichen Querschnitten mittels Walzprofilieren in numerischen Grundlagenuntersuchungen
- » Müller, Christoph
Konzepte zur wirtschaftlichen Fertigung von Kleinserien in einem Unternehmen der Automobilzulieferindustrie
- » Taplick, Christoph
Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Bearbeitung von hoch kaltverfestigten Materialien
- » Lengler, Ralf
Untersuchung über den Einfluss der tribologischen Verhältnisse auf die Prozessstabilität in der Kaltmassivumformung von rostfreiem Stahl

3.2.2 Diplomarbeiten bzw. Masterthesis

- » Ibís, Mesut
Inline-Fertigung von Walzprofilen mit integrierten elektrischen Leitern zund zusätzlichen synergetischen Eigenschaften
- » Bäcker, Frederic
Analyse der Herstellbarkeit von antiklastischen Flächentragwerken mit Hilfe inkrementeller Umformverfahren
- » Müller, Christian
Prozessauslegung für die Fertigung von Karosseriebauteilen
- » Khosravi, Ashkan
Untersuchungen zur Steigerung der Maßhaltigkeit bei Profilbauteilen mit über der Längsachse veränderlichen Querschnitten
- » Tasnimi, Farshid
Finite-Elemente-Simulation der Warm-Innenhochdruck-Umformung

4 Veröffentlichungen und Vorträge

- » Groche, P.; Beiter, P.; Vogler, F.; Schmitt, W.; Berner, S.; Duschka, A.:
Self-Adjustment in Flexible Roll-Forming Lines.
In: Proceedings of the 1st International Congress on Roll Forming: RollFORM 09.
Bilbao, Spanien: Labein Tecnalia Automoción, 10/2009, S. 25 - 31.
- » Görtan, M.O.; Vucic, D.; Groche, P.; Livatyali, H.:
Roll forming of branched profiles.
In: Journal of Materials Processing Technology.
Elsevier, 08/2009, S 5837-5844.
- » Görtan, M.O.; Ludwig, Ch.; Groche, P.; Livatyali, H.:
Finite Element Simulation of Roll Forming Process of Branched Profiles.
In: Design and Production of Machines and Dies/Molds.
CIRP, 06/2009, S 75-80.
- » Elsenheimer, D.; Groche, P.: Determination of material properties for hot hydroforming.
In: Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik: Production Engineering Research and Development.
Heidelberg: Springer Verlag, 06/2009, 3, 165-174.
- » Groche, P.; Ringler, J.; Shreehah, A.:
Bending-Rolling Combinations for Strips with Optimized Cross Section Geometries.
In: Dresden: ELSEVIER: In: CIRP Annals-Manufacturing Technology Vol. 58/1.
Springer-Verlag, 03/2009, S. 263-266.
- » Groche, P.; Stahlmann, J.; Hartel, J.; Köhler, M.:
Hydrodynamic effects of macroscopic deterministic surface structures in cold forging processes .
In: Tribology International.
Springer-Verlag, 03/2009, S. 1173-1179.
- » Groche, P.; Scheitza, M.: Konstruktion und Steuerung von Servopressen-Ein Überblick.
In: EFB: Servopressen und Werkzeugsysteme zur Blechverarbeitung.
Hannover: 03/2009, S. 19-28.
- » Groche, P.; Ertugrul, M.:
Hydroforming of Laser Welded Sheet Stringers.
In: Switzerland: Trans Tech Publications: Key Engineering Materials.
02/2009, S. 69-76.
- » Groche, P.; Schäfer, R.; Ludwig, M.; Türk, M.:
Größeneinflüsse bei Fertigungsprozessen - Größeneinflüsse beim Drücken optischer Bauteile.
In: F. Vollertsen: Abschlusskolloquium SPP 1138.
Bremen: BIAS-Verlag, 02/2009, S. 11 - 32.
- » Groche, P.; Damavandi, K.; Stahlmann, J.:
Erste Erfahrungen bei dem Einsatz einer Servomotorpresse in der Kaltmassivumformung.
In: 24. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer.
Düsseldorf: VDI Wissensforum GmbH, 02/2009.
- » Groche, P.; Türk, M.:
Integration von Funktionswerkstoffen in Bauteile durch inkrementelle Umformprozesse
In: WT Online 10/2009
- » Groche, P.; Ludwig, C.; Schmitt, W.; Vucic, D.:
Herstellung multifunktionaler Blechprofile
In: WT Online 10/2009
- » Groche, P.; Möller, N.:
Verschleiß von Graugusswerkzeugen beim Tiefziehen von verzinkten, höherfesten Blechen
In: WT Online 10/2009
- » Groche, P.; Storbeck, M.:
Forschung am PtU – Umformtechnik der Zukunft gestalten
In: UKD 2009, (Tagungsband)

5 Veranstaltungen

- » Begehung SFB 666, 16.-17. Februar 2009
- » 10. Umformtechnisches Kolloquium Darmstadt, 17.-18. März 2009

6 Studentenzahlen

Studierendenzahlen WS 2009/2010
lt. Hochschulstatistik

» TU Darmstadt gesamt:	19.329
» Diplom Maschinenbau	
gesamt:	684
davon	• Anfänger: 0
	• weiblich: 39
» Bachelor Mechanical and Process Engineering (MPE)	
gesamt:	1502
davon	• Anfänger: 435
	• weiblich: 142
» Master Mechanical and Process Engineering (MPE)	
gesamt:	226
davon	• Anfänger: 87
	• weiblich: 26
» Bachelor Computational Mechanical and Process Engineering (CMPE)	
gesamt:	2
davon	• Anfänger: 0
	• weiblich: 0
» Master Computational Mechanical and Process Engineering (CMPE)	
gesamt:	3
davon	• Anfänger: 0
	• weiblich: 0
» Master Paper Science and Technology	
gesamt:	5
davon	• Anfänger: 1
	• weiblich: 2